

MENU

SEARCH

INDEX

JAPANESE

LEGAL  
STATUS

1 / 1

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-065033

(43)Date of publication of application : 05. 03. 1990

(51)Int. Cl.

H01J 27/16

H01J 37/08

(21)Application number : 01-107097

(71)Applicant : HAUZER HOLDING BV

(22)Date of filing : 26. 04. 1989

(72)Inventor : LOEB HORST

(30)Priority

Priority number : 88 3814053

Priority date : 26. 04. 1988

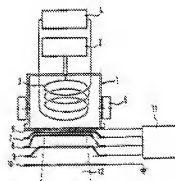
Priority country : DE

## (54) TON BEAM SOURCE WITH RADIO FREQUENCY

(57)Abstract:

PURPOSE: To generate beam with high intensity of low ion energy by installing a radio frequency coil coaxially in the inside of an ionization container and providing a beam generating system with combinations of porous extraction lattices and ion focus converging units.

CONSTITUTION: A radio frequency coil 3 is arranged coaxially in the inside of an ionization container 1 and the coil 3 has functions of generating automatic ring discharge and generating anisothermal plasma of ion, electron, and neutral gas fine particles. The ionization container 1 is produced as a conductive container of a metal and a beam forming system comprises combinations of porous extraction lattices 6, 7, 8 and focus converging units 8, 9, 10 which are directly continued from the lattices and especially which can be selectively turned on. As a result, metal ion beam with high intensity of extremely low energy can be generated.



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-65033

⑬ Int.Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)3月5日

H 01 J 27/16  
37/08

7013-5C  
7013-5C

審査請求 未請求 請求項の数 24 (全14頁)

⑮ 発明の名称 無線周波数のイオンビーム源

⑯ 特 願 平1-107097

⑰ 出 願 平1(1989)4月26日

優先権主張 ⑱ 1988年4月26日 ⑲ ドイツ(DE) ⑳ P3814053.5

⑳ 発 明 者 ホルスト レーブ ドイツ連邦共和国, 6300 ギーセン, ハイニンリフ・ブー  
ーリング 16

㉑ 出 願 人 ハウザー ホールデイ  
ング ベー, フアウ  
ラート 27

㉒ 代 理 人 弁理士 志賀 富士弥 外1名

明 細 書

1 発 明 の 名 称

無線周波数のイオンビーム源

2 特 許 請 求 の 範 囲

1. イオン化されるべき個々の作動ガス、とくに炭素原子のガス状金属蒸気及び金属化合物が供給されるイオン化容器(1)、誘導的に発生させられる放電によって作られるプラズマと共に、イオン化容器(1)内にプラズマを発生させるための無線周波数源(4)に接続されるコイル(3)、及び数個の抽出格子(6、7、8)を有するビーム形成システムを含んでいる無線周波数イオンビーム源において、自動的環状放電を生じさせ、かつイオン、電子及び中性ガス微粒子の非等温性プラズマを発生させるために、誘導する無線周波数コイル(3)がイオン化容器(1)の内部に同軸的に配置され、イオン化容器(1)が金属の伝導性容器として形成され、かつビーム形成システムが多孔性抽出格子(6、7、8)及びこれらに直横設

い、また特に選択的にスイッチオンされ得るイオン焦点集中ユニット(8、9、10)の組み合わせを含むことを特徴とするイオンビーム源。

2. 化学抵抗性のステンレスと非磁性金属を含むイオン化容器(1)が正のビーム電位にあり、この電位は特に約+10Vから+3000Vまでの範囲内で可変であり、かつ冷却液と共に備えられることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のイオンビーム源。

3. イオン化容器(1)の内部に配置され、特に、それを通じて冷却媒体が流れる管路から成る無線周波数コイル(3)が絶縁保護層によって被覆され、この保護層は好ましくは石英繊維の織物カバー、ガラス被覆等から成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のイオンビーム源。

4. イオン化容器(1)が一部品で形成されたカバー(24)付きの金属リング及びカバー(24)から遠い末端に備えられる連続フラン

## 特開平2-65033 (2)

ジ(16)を含むこと、カバー(24)を通るコイル連結部の供給のための絶縁体が、互いに、及び容器種に対して相対的に好ましくは一様に配置されている絶縁体と共に、カバー(24)上またはその内部に備えられ、その際その上への金属の付着に対して絶縁体を保護すべくスクリーン(26)が内方へ突出していること、ガス(10)の入口(2)がカバー(24)内に備えられ、かつイオン容器(1)の内側で分配器の入口(23)と共に備えられること、及びイオン源が外側から真空室上にフランジ結合されることを可能にする抽出システム(6、7、8、9、10)及び取り付けフランジ(21)が共に、上記の取り付けフランジ(21)と上記の連結フランジ(16)の間に備えられる絶縁中間構造部分と共に、上記の連結フランジ(16)に固定されることを特徴とする前述の特許請求の範囲の一つに記載のイオンビーム源。

5、特に中央で、イオン化容器(1)及び無縁螺旋状コイル(3)に対して相対的に配置され

る交番極性の永久磁石(5)のリングが、プラズマの真中とイオン容器(1)の頂上での放電損失の減少のため、イオン化容器(1)の金属外側ジャケットに取り付けられることを特徴とする前述の特許請求の範囲の一つに記載のイオンビーム源。

6、抽出端子(6、7、8)が多孔性の三つの格子抽出システムを形成し、このシステムの第一の格子電極(6)は金属のイオン化容器(1)と連結されること、相互に絶縁される個々の格子電極(6、7、8)の厚さ寸法とこれらの相互間隔は1mm以下であること、かつ中心ホルダ(17)が格子電極(6、7、8)の間隔を固定するために備えられることを特徴とする前述の特許請求の範囲の一つに記載のイオンビーム源。

7、二つの第一の格子電極(6、7)が約0.5mmまたはそれ以下の厚さと、抽出断面(15)にわたって対応的に小さな相互間隔を有すること、かつ第三の格子電極(8)がその金

断面にわたって第一のそれよりもやや大きい厚さを有し、それによって第三の格子電極(8)は中心ホルダ(17)用のホルダとして機能することを特徴とする特許請求の範囲第6項に記載のイオンビーム源。

8、格子電極(6、7、8)は熱的な形状安定性と温度抵抗性を有し、かつ例えばモリブデン、ステンレス鋼等から成ること、かつ特に円すい的にテーパにされる連続的な格子電極(6、7、8)内の抽出孔の直径は異なっているように、特にビーム方向で見ると、約3mm、2mm及び3、2mmになるように選択されることを特徴とする特許請求の範囲第7項に記載のイオンビーム源。

9、無縁螺旋状コイル(3)の直径は少なくとも実質的に三つの格子抽出システム(6、7、8)の抽出域(15)の直径と同じであること、を特徴とする前述の特許請求の範囲の一つに記載のイオンビーム源。

10、イオン焦点場中ユニットが、第三の格子電

極(8)と二つのリング電極(9、10)によって形成される光学的なイオン焦点場中レンズを、想像的円すい面、特に上記のイオン化容器上にあるリング電極の半径方向内側直径と共に含むことを特徴とする前述の特許請求の範囲の一つに記載のイオンビーム源。

11、格子及びリング電極(9、10)は熱的な形状安定性と温度抵抗性を有してステンレス鋼やモリブデン等を含み、かつ少なくとも実質的に、第三の格子電極(8)が隣のリング電極(9)から有するのと同じお互いの距離を有することを特徴とする特許請求の範囲第10項に記載のイオンビーム源。

12、イオンエネルギーに合った磁界強さを持つ磁気レンズ(27)が、ビームの集束を支援すべく、イオンビーム源の出口の領域内に配置されることを特徴とする前述の特許請求の範囲の一つに記載のイオンビーム源。

13、少なくとも一つの自然フィラメントから作られるビーム中調整器が好ましくは座地された

## 特開平2-65033 (3)

イオンビーム露出力の区域内に、またはイオンレンズの範囲内に、イオンビーム（12）内部への電子の射出のために備えられることを特徴とする前述の特許請求の範囲の一つに記載のイオンビーム源。

14. イオン化容器（1）及び／または格子電極及びリング電極が、さらに磁気レンズ（27）も、関係する金属の熱伝導率を利用する間に、冷却媒体によって直接または間接的に冷却されることを特徴とする前述の特許請求の範囲の一つに記載のイオンビーム源。
15. 無偏周波数出力及び／または抽出速度に依存する電流密度とイオンエネルギーが互いから独立して可変であることを特徴とする前述の特許請求の範囲の一つ以上に記載のイオンビーム源を作動させる方法。
16. イオンの熱点集中が、イオンエネルギーが約1000eVの値以下に、特に約300eVの値以下に落下する時、スイッチオンされることを特徴とする特許請求の範囲第15項記載の方法。

21. 基礎の表面処理と基礎に対して良好な付着性を持つ特殊層の調製のため、それによって表面処理と調製が、一つのものから他のそれへの隔々の段階の連続的進捗において行われ、かつそれによって各段階の最良のイオンエネルギーと最良のイオン電流密度が使用されることを特徴とする特許請求の範囲第1ないし20項の一つに記載の無偏周波数イオンビーム源の使用方法。

22. 工程段階の手順が、以下の工程段階の少なくともいくつかのもの、まだここでは述べられていないその他の段階との任意な組み合わせであることを特徴とする特許請求の範囲第21項記載の使用方法。

- a) 適当に制限されたイオンエネルギーとイオン電流密度によるイオンビーム照射によって精浄化され、部分的に露露される基礎面。
- b) 基礎面は、低いイオンエネルギーと高い電流密度（1mA/cm<sup>2</sup>以上）のイオンビームの手段によって加熱され、かつガスを除去さ

法。

17. すでに記述されたイオン光学系と基礎の間に配置される一つまたはいくつかの磁気コイルの手段を構成している。後段集束集中装置が、イオンエネルギーが約500eV以下に落下する場合には、スイッチオンされることを特徴とする特許請求の範囲第15及び16項記載の方法。
18. 少なくとも一つの絶縁層を持つ基礎と共に作動する時、ビーム中和装置の手段によって、真空空間電極が捕獲されることを特徴とする特許請求の範囲第15または16項記載の方法。
19. 500eV以下のイオンエネルギーを用いて、ビーム中和装置の手段によって空間電極が捕獲されることを特徴とする特許請求の範囲第15ないし17項の一つに記載の方法。
20. 約300eV以上で、二次的な後段加速システムが、あらかじめ決定可能な間隔にある抽出システムに続いて配置されることを特徴とする前述の特許請求の範囲の一つに記載のイオンビーム源。

れる。

- c) 基礎面は、凹凸孔と溝の手段によって、希望される層の良好な機械的アンカー作用を目標に粗面化される。

- d) 高エネルギー（50keV以上）のイオン（ビームの電流密度は低い）が基礎に射出される結果、イオンは若干の原子厚まで、結晶質（結晶粒）内部に、特に結晶歪みの間の空間内部に、かつ結晶質（内部粒）の内部空間の内部にさえ、深く侵入して原子の内部空位を開始し、それによってイオンの注入が侵入イオン、混合された結晶粒及び、例えば、基礎の物質との内部金属の化合物の固溶体を作り出す。

- e) 金属、合金または化合物の層が基礎の表面上に、各結晶物の組織と形状に対して必要な最良のイオンエネルギーと最良のイオン電流密度によって生成される。

- f) 金属、合金または化合物の層が各結晶組織と結晶方向に対して必要な、最良のイオンエ

エネルギーと最も良いイオン電流密度によって生成される。

23、合成物の性質の合金及び化合物が、適当なイオンビーム密度とイオンエネルギーを持ついくつかのイオン源手段によって作り出されることを特徴とする特許請求の範囲第21及び22項記載の使用法。

24、合金と化合物、例えば合成物の性質の合金と化合物が、適当なイオンエネルギーとイオン電流密度を持ついくつかのイオン源を使用して製造されることを特徴とする特許請求の範囲第21ないし23項の一つに記載の使用法。

### 3、発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、イオン化されるべき個々の作業ガス、特に透過自在のガス状態金属気及び金属化合物が充填されるイオン化容器、誘導的に到達される放電によって発生するプラズマと共に、イオン化容器内にプラズマを発生させるための

面積の昇昇についても説明が必要である。

公知の、従来の蒸発源は、原子とイオンを、微粒子の運動エネルギーを広範囲に配分する基盤上での凝結のために供給する。これは、高いエネルギーの微粒子が、一般に希望されて無欠陥の結晶成長をもたらす一種な凝結よりもむしろ、損傷を生じるために、問題である。凝結される関係は、陰極スパッタリングの形に類似して、結晶の分裂、結晶の破壊または表面の分解の形をとる。これに対して低いエネルギーの入射微粒子は、結晶格子内部への規則的結合のため表面での必要な運動エネルギーを得ない。

これらのエネルギーは、しばしば、基盤と層の間の境界面内で、希望される凝結の結合強度を弱めるには不十分である。ある場合には微粒子の高いエネルギーが、基盤の温度がある理由のため低く保持されねばならない時、または基盤と最も近接層面との間の熱交換が不十分の時、基盤の表面エネルギーを高めるために被覆層内が必要である。

## 特開平2-65033 (4)

無障阻凝結に連絡されるコイル、及び数例の抽出格子を有するビーム形成システムを含む無障阻凝結イオンビーム源に関する。

(従来の技術)

表面処理及び、特に薄い層の製造の技術は、近年とくにこのような工程の工業的応用に関して非常に重要になっている。薄い層の製造または調整と金属表面の処理のためには、これに非常に多くの工程が存在する。これらすべて、工程室内での減圧または真空を必要とするため、真空装置内で行われる。

いくつかの装置によく知られた工程は、炉や炉管等内での、電気加熱または電子やイオン衝撃でのジュール熱による熱蒸発に属する。他の工程は、陰極や陰極アークの手段によって、または誘導されるA-C境界面での誘導物質の渦電流熱によっても作られる蒸発を使用する。直線または交差のグロー放電でのイオン化の電気的増進作用を有し、及び必要な各所の陰極スパッタリング装置を使用する陰極上での大きな

曹頭に挙げた種類の無障阻凝結イオン源も同じく公知である(EP-A-2 026 1338及びD E-A-1 370 871を参照)。これらにおいて無障阻凝結コイルは個々のイオン化容器の外側に配置され、かつ特別に形成されたイオン抽出装置が使用されている。このようなイオンビーム源は、熱蒸発に充填されるイオンだけ、すなわち単一のエネルギービームのピークだけの発生を可能にし、反応性ガスとの使用が可能であり、順式で簡単な構造と簡単な電圧調節ユニットを有し、これらはまた、作業上の信頼性と作業寿命上に設定される更なる要求を満足することが出来る。

しかしながら公知の無障阻凝結イオンビーム源では、実際には極度に低い値以下への、可変イオンエネルギーの強いビームに対して発生する要求、特に金属イオンをも発生すべき要求を満足することは出来ない。

(発明が解決しようとする課題)

本発明の目的は、したがって實際上、曹頭に

## 特開平2-65033 (5)

挙げた種類の無縁同位体イオンビーム源を同調し、広範囲に単一エネルギーのイオンのエネルギー分布によってイオンエネルギーとイオン密度が、共に連続的かつ極度に大きな範囲で可変であり、またとりわけ、非常に低いエネルギーの極小金属イオンビームを発生可能にすることである。ビームの分散は、少なくとも実質的には回避されるべきである。

(問題点を解決するための手段)

この目的は本発明に従って、自発的リング放電を生じさせ、かつイオン、電子及び中性ガス微粒子の非等価性プラズマの発生のために構成する無縁同位体コイルがイオン化容器の内部で円周的に配置されること、イオン化容器が金属の伝導性材料として形成されること、かつビーム形成システムが多孔性抽出格子とこれらに近接し、特に選択的にスイッチオン可能な焦点集中ユニットの組み合わせを含むことで達成される。

イオン化容器の内部での無縁同位体コイルの

い電流密度によって提供される。本発明に従う無縁同位体イオンビーム源は、ガス状金属化合物からの金属イオンを含むイオン及び反応ガスのイオンの広い範囲に対して使用可能である。それは、長い作業寿命と仕事の間の長い時間間隔の点で特徴を有する。

イオン化容器は、好ましくは化学的に腐蝕性のステンレスの非磁性鋼から成り、かつ冷却源、例えば冷却水を流すことができる。無縁同位体コイルは、好ましくは、高いプラズマ伝導性とコイルに沿って急激的な無縁同位体電圧を考慮して、例えば石英繊維織物のカバーまたはガラス板製の形の絶縁層と共に、被覆されている導性コイルを有し、それを通して冷却液が流れる非組成的な良導電性の金属質コイルから成る。

イオン化容器は、一端でカバーを、他端で取り付けカバーを備える。イオン源は、外側には薄い取り付けフランジを介して、関連する真空室上にフランジ結合される。

配置及び金属のイオン化容器の使用は、全面的に順次で極端価値のある構造を有する非常に強固な装置をもたらすだけでなく、特に金属イオンの発生をも可能にする。これは、外側へ配置された無縁同位体コイルを持つ公知の石英容器で発生する危険がもはや存在しないために可能である。即ち分解された誘導物質は石英容器の内壁上に付着して、誘導の破壊を形成し、かつ放電プラズマ内部への侵入に対して無縁同位体エネルギーを遮断する。

多孔性抽出格子と、イオン光学的、静電的、静磁的、または電子磁気的原理で作動し、かつ特に選択的にスイッチインされるイオン焦点集中ユニットの組み合わせの形をした本発明のビーム形成システムによって、連続的に選択自在のイオン電流密度が大きな範囲内で、特にほぼ単一エネルギー的で連続的に可変のイオンエネルギーを持つ  $1 \text{ m A} / \text{cm}^2$  以下及び  $10 \text{ m A} / \text{cm}^2$  以上の範囲に対して、特にほぼ  $10 \text{ e V}$  と  $3 \text{ k e V}$  の間で、実際にまた独立の調整自在かつ高

カバーを通してのコイル接続部の通過のための絶縁体がカバー内またはその上に備えられて、コイルへの無縁同位体出力の供給を可能にする。コイルの入り口もカバー内にあり、このカバーは好ましくは容器と一体的に形成される。内側へ配置されるスクリーンが好ましくはイオン化容器内に使用されて、金属がコイル接続部の絶縁体上に付着するのを防止する。

交換性の永久磁石のリングは、中心でイオン化容器とコイルに対して相対的に、イオン化容器の金属型外側ジャケット上に取り付けられて、イオン化容器の壁での放電損失を減少させる。与えられた無縁同位体出力に対して、プラズマ密度とビーム密度は、この種の“安定臨界配置”がイオン化容器の壁でのプラズマ電圧損失を大幅に減少させ、かつこれらの永久磁石の適当な配置によってプラズマが拍出穴を介してさらに集中せられるため、この方法で増大させることができる。

本発明に従って備えられる抽出格子は、好ま

## 特開平2-65033 (6)

しくは多孔性の三つの格子層システムを形成し、このシステムの第一の格子層は金属イオン化合物と結合される。相互に絶縁される銅々の格子層の厚さとこれらの相互間隔は非常に小さく、好ましくは実質的に1mm以下である。中央の支柱は、格子層の正確な間隔を確保し、かつ格子の熱的曲げ変位を制限すべく、備えられる。

本発明に従って備えられるイオン焦点集中ユニットは、特に低いイオンエネルギーと高い電流密度においてスイッチオンされる。このユニットは、好ましくは、第三の格子層と二つのリング電極によって形成されるイオン光学の焦点集中レンズから成る。二つのリング電極は、好ましくは反相対すい面、特にイオン化合物から導かれて分離し、30°の包含角を持つ円すい面上にある。

本発明の実施例に従って、自然フィラメントコイルを持つビーム中和装置は、好ましくは腔内にあるイオン源出力の領域内に、またはイオ

源がある。

特殊な結晶方向の成長のためには、イオンの到着の最小と最大のエネルギーを共に規定することが必要である。例えば多くの結晶は、エネルギーの供給と熱の消散にしばしば方向的に依存しているこれらの生成によって、内部熱的に生成される。その上、丸い度、長い針、円柱またはスレート様の板として現われる結晶質の形は、成長の間、入射イオンと原子のエネルギーに依存する。

さらに基板上へ入射するイオンの電流密度または原子の電流密度は、全面の結晶質組織と、したがって全面の成長速度に大きな影響をもたらす。イオン電流密度とイオンエネルギーと共に、各物質の種類と層の品質に対して個別に最適にされなければならない。この層の品質は本発明のイオンビーム源によって可能にされる。

基板と収束の層の間にしっかりと結合された境界層を形成するためには、しばしば、高いイオンエネルギーで作業が行われて、一種のイオ

ンレンズの内面にも備えられる。ビーム中和装置は、有利には、絶縁性ターゲットと共に、または少なくとも低いエネルギーのイオンビームの空間充電の広がりや二次的に減少させる絶縁性表面を有するターゲットと共に使用される。

さらに、イオンエネルギーに対して与えられた競争強さを持つ磁気レンズがイオン源出力の領域内に備えられて、ビームの収束を支援する。

本発明に従ってイオンビーム源を作動させるための方法に関連して、有利には、無源周波数出力及び／または高出電圧に依存する電圧密度及びイオンエネルギーをお互いから独立して変化させることが出来る。この方法で、最も多量、かつ最も困難な仕事を理想的に実行させることが出来る。

これらの仕事は以下のように説明することが出来る。すなわち、基礎の上に所望するイオンのエネルギーと電流密度は、個々の物質に対して希望される層の品質に対して選択され、かつ最良にされなければならない。これには、以下の理

由がある。イン注入と、したがって基板に運ばれた層の特別な相互作用が得られる。イオン注入は結果的に、原子が結晶質の間で、かつ結晶質の内部でも、いくつかの原子の平面の深さまで基礎の結晶内に結合されることをもたらす。そうすることで、到着原子の、結晶質原子との広範な交換が同時に可能とされる。これは、結果的には例えば、固溶体、混合結晶、及び内部金属的な化合物をもたらす。

上述されたすべてのことは、本発明のイオンビーム源の使用によって、連続的な方法段階で中断することなく、同じ真空プラントと同じ位置において可能とされる。したがって、陰極スパッタリングまたはイオンビーム源による表面層除のようないくつかの方法段階は、高いエネルギーのイオンと、次にしっかりと結合された境界層の生成、そして最後に希望の層の生成によって、上述のように、中断なしに、かつ同じイオンビーム源によって実施することが出来る。

例として、方法段階は、以下の方法段階の少

## 特開平2-65033 (7)

なくともいくつかの組み合わせを含むことが出来る。

- a) 基礎面は、適当に選択されたイオンエネルギーとイオン電流密度によるイオンビーム照射によって清浄化され、部分的に加熱される。
- b) 基礎面は、低いイオンエネルギーと低い電流密度（1 mA/cm<sup>2</sup>以上）のイオンビーム手段によって加熱され、ガスを除去される。
- c) 基礎面は、凹凸穴と溝の手段によって、希望される層の良好な機械的アンカー作用を担持に降付化される。
- d) 高エネルギー（50 keV以上）のイオン（ビームの電流密度は低い）が基礎に射出される結果、イオンは若干の原子平面を、結晶質（結晶粒）内部に、特に結晶原子間の空間内部に、かつ結晶質（内部粒）の内部空間の内部にさえ、深く侵入して原子の内部軌道を開始し、それによってイオンの注入が侵入イオン、混合された結晶体及び、例えば、基礎の物質と内部金属の化合物の固溶体を作

り出す。

e) 金属、合金または化合物の層が、基礎の表面上に各種晶物の組織と形状に対して必要な優良のイオンエネルギーと優良のイオン電流密度によって生成される。

f) 金属、合金または化合物の層が、各種組織と結晶方向に対して必要な、優良のイオンエネルギーと優良のイオン電流密度によって生成される。

さらにこの可能性を説明するために、上述の方法段階a)、b)、c)及びf)は、例えば、超硬合金やセラミック層を無機質の基礎上に適用すべく使用可能である。対照的に、a)、b)、c)、e)及びf)は、近代的プラスチックへの金属層、例えばポリイミドエタレンへの金属の適用に対して適宜である。本発明の方法はまた、半導体の装置、例えばガリウム砒素がベースの半導体への接触適用に於いて十分適している。このため、上述の方法段階a)、b)、c)及びf)の組み合わせが好適である。

そのほか、特に重要なのは、イオン源は適当なイオン電流密度とイオンエネルギーによって基礎上に、例えば複合材の性質の合金をも含む合金及び化合物を付着すべく使用可能、ということである。

さらに述べられるべき点は、その後の電気的焦点集中は処理室内で行なうことが出来るため、特に低いイオンエネルギーでのイオンの分離傾向に対処し得ることである。すなわち、電気的後段焦点集中は、イオン放射源と基礎との処理室内で行なわれ、または相応する装置が配置される。この後段焦点集中装置は、特にイオンエネルギーが約500 eV以下に落下するとき有用である。

本発明の別の有利な特徴と範囲は、従属請求の範囲に示される。

(実施例)

以下において本発明の好適実施例を、図面を参照してさらに詳細に説明する。

第1図に示されるように、高周波のイオンビ

ーム源は、関連するガス供給システム2付きの金属イオン化容器1、イオン化容器1の内部に配置されて関連する無線周波数発信器4を有する無線周波数コイル3、及びビーム形成システムを含み、このシステムは三つの誘導電極6、7、8と、イオンレンズに属する二つのリング電極9、10を含む。

格子電極及び/またはリング電極は高電圧発生器11に接続される。イオン化容器1は、特別の装置5内の永久磁石によって包囲される。

ガス供給システム2から流入する作業ガスは、イオン化容器1内でイオン化される。即ち、正のイオンと電子に分離されて、プラズマ状態が作り出される。

誘導的な無線周波数と自励的リング電極のため必要な放電出力は、好ましくは0.5ないし30 MHzの周波数帯域で作用する無線周波数発振器によって発生する。これはまず第一に、誘導によって同じ周波数の閉鎖された電力線を持つ電気的共振層を発生するコイルの内部に生



## 特開平2-65033 (8)

両面の軸方向磁界を起起する。この渦磁界放電において、電子は、それが新しいイオン化インパクトを起起可能となるまで、ほぼ円形の過程上で加速される。方向反転による弾性的中心衝突と無縁四波散方位角電界の方向変化の共振によって、この位置で影響される電子は急速にエネルギーを増殖することが出来る。発振器四波散、微電圧力及びイオン化容器の両面を最適な合わせることによって、この高周波の工程は、静的観点から材料に影響され得る。イオン化容器の長さも、容器の半径とイオンの質量に依存して最適状態にして、イオンの収束を最大にすることが出来る。

イオン化する電子が先行するイオン化活動から作り出されるときは、それを供給するために陰極がグロー放電をなんら必要としない独立的气体放電が存在する。これは結果的に、無縁四波散放電の高度の信頼性と長寿命を、特に反応ガスと作用するとき、もたらす。

無縁四波散放電の開始は、自発的に、適当な

よってさらに増幅される。この結果として、電子の温度 $T_e$ は、第2図に示されるように外側へ急速に上昇する。

しかしながらプラズマ密度 $n$ は、周縁方向へ、また突如とし、その後のイオンと電子の再組合せを持つ充電キャリア運動の結果、減少する。

抽出自在のビーム電流密度は $n \cdot A \cdot V$ に比例するため、この場合両効果は互いに相殺し、したがって高周波イオンビーム源は望まれる一種のビーム輪郭を有する。プラズマ密度 $n$ は、したがって抽出自在の電流密度も無縁四波散放電器の出力と共に近似的に増大するため、得られるイオン密度は抽出システムと、冷却手段と共に偏えられるイオンビーム源の最大作動温度によって制限されるだけである。

イオンビーム12の形成のため第1図に示されるシステムは、イオン化装置からのプラズマイオンを抽出し、これを加速し、かつこれらをビーム12内部で焦点集中させる仕事を有する。この仕事を100V以下のビーム電圧また

高きの脅迫圧力の高電圧パルスまたは低いガス圧力での短時間サージ圧力によって発生する。無縁四波散放電の生成時間は約30μsだけであり、これは多くの用途に対して重要である。無縁四波散放電は、イオン、電子及び中性のガス微粒子を含む非等温プラズマを発生する。

第2図から分かるように、電子の温度 $T_e$ は10°Kのオーダに達するのに対して、イオンの温度、特に中性微粒子の温度は室温より少し高いだけである。このことも、全イオン化装置の冷却を簡単にしている。

無縁四波散放電の別の利点は、プラズマ電子のほぼ純粋なマクスウェル分布であって、これは、定量的基礎においては二重イオンがほとんど発生せず、したがって希望されるエネルギーの同等性が二重または多数エネルギーの微粒子によって妨害されないことを意味している。誘導法則の結果として、電氣的な渦磁界強さはイオン化装置の軸においてゼロであって、コイルの半径方向へ上昇し、かつこの過程はヌーン効果に

はイオンエネルギーに対して満足するために、本発明の無縁四波散イオンビーム源は、多数の孔の抽出格子とイオン光学的焦点集中ユニットの組み合わせと共に備えられる。

このビーム形成システムに属する金房及びリング電極6、7、8、9は、第1図に示されるように、好ましくはセラブレン、ステンレス鋼を含み、かつこれらの電極には高い熱的安定性が要求される。個々の電極は相応する高電圧源に接続される。

第一の格子電極は抽出陽極とも呼ばれ、ほぼ10ないし3000Vの正電位にあって、電気及び熱伝導的にイオン化容器1に接続される。イオン化容器1は作業においては陰極として働き、かつアース電位に保持される最終の電極10と一緒に、イオンエネルギーのためのビーム電圧(約10ないし3000V)を決定する。

第二の格子電極7は抽出陰極と呼ばれ、あるレベルにおいて負にバイアスされている。このレベルは、第一格子電極6からの電位差が理想

## 特開平2-65033(9)

め抽出電圧に依存する希望の電流密度を供給する程度の高さである。第二格子電極からのプラズマ境界面14の距離は第3図に示され、それによって等電位線曲の曲がりを考慮したイオンの加速経路dを説明している。第三の格子電極8は減速電極と呼ばれ、接地する必要はない。それは、同時に、抽出経路の後ろに挿入されて自由に選択自在の電位を持つイオンレンズの第一電極として働く。

第一のリング電極9はイオンレンズの中央電極を代表し、その電位は理想的にはビーム電流とビーム電圧の希望される値に合っていないなければならない。

第二のリング電極10はアース電位にあって、イオンレンズとビーム形成システム全体を終了している。

第3図は、三つの格子電極6、7、8内部での電位分布と部分的ビームに対するイオン追跡を示す。プラズマイオンは、二つの第一電極6、7の間の抽出境界によって高い上げられ、かつ

て生じる。放電プラズマを無緯周波数イオン化装置内で導中性的に保持するためには、後者を抽出されるイオン電流に匹敵する多数のプラズマ電子から抽出することが必要である。これは、近にバイアスされる抽出陰極として作用する第一の格子電極6及び、とりわけ後者に接続される金属イオン化容器1によって自動的に行なわれる。放電プラズマは自動的に、抽出陰極6のそれよりも約10V高くにあるイオン化容器に対して相対的な電位を得る。

ビーム形成システムは、希望されるイオン電流を抽出してそれを希望される電圧に加速する仕事を有するのみならず、出来るだけ分岐の小さいビームにその焦点を集中させるべき課題を持つ。一定の境界内で、個々の部分ビームの焦点集中は、すでに三つの格子電極6、7、8内で、第3図に示されるように行なわれる。

これは、放電出力に依存する適度な高さの抽出電圧において、プラズマ境界は上方へ四回連続的に湾曲しているため、すべての等電位面も加

第二格子電極7(抽出陰極)の穴に向けて加速されるのに対してプラズマ電子は抑制されるため、正の空間電荷が抽出範囲内部に発生する。無緯周波数放電の中性プラズマと正の空間電荷域の間の境界はプラズマ境界14と呼ばれて、“イオンエミッタ”として作用する。

特別のイオンエネルギー及び同時に定義された電流密度が必要とされるとき、これは実質的につねに、二つの第一格子電極9を調節することによって得られる。

希望されるビーム電圧は、通常、希望される電流密度に依存する必要な終極性抽出電圧以下にある。この場合は、いわゆる加速・減速両が使用されて、イオンは第二格子電極7と第三格子電極8の間で、希望される値以下に減速される。抽出されるイオン電流は、個々の抽出穴での電流密度、抽出穴の数及び個々の穴の断面積の積から生じる。しかるとき、放射されるべき基礎における電流密度は、基礎の位置でのビーム断面に関係して、その電流から総い

速経路の上端において対応的に湾曲し、したがって部分的ビームのくびれをもたらすイオン光学レンズが生じるからである。この結果として、第二格子電極7内の穴をより小さくして中性ガスの損失を減少させることが出来、このことはイオン種のガスの経済性を改善可能にする。

第4図は、第3図に基づく三つの格子抽出システムの抽出自在な合計イオン電流、第二格子電極7への電流損失及び抽出電圧の関数としての抽出電流を示す。イオン化装置内のプラズマ密度と抽出電圧がお互いに正しく合うならば、したがっていわゆる“理想的”焦点集中された場合”が存在するならば、部分ビームの焦点は正確に第二格子電極7の穴の中心にある。抽出陰極を代表するこの格子電極7での損失電流は、それによって最小値に達する。抽出電圧が大きすぎたり小さすぎたりすると、レンズの焦点位置は加速距離以下または以上になり、それによって損失電流は大きくなり、出力損失とスバクティング損傷は増大する。高いビーム電流密度

特開平2-65033 (10)

と同様な時間において非常に低いイオンエネルギーへの要求を満足し、それによってビームの熱散逸熱を回避するために、本発明に従ってイオン焦点系中レンズが、格子電極システムの後ろに配置され、かつ第三の格子電極8と二つのリング電極9、10を含む。

第5図は、本発明に従って無線周波数イオンビーム源の実施例の断面を示す。イオン化容器1は、内径10cm及び内部高さ6cmの金属円筒を含む。円筒部分の壁厚さは2mmに、またカバー24の壁厚さは6mmになる。イオン化容器1は+10Vから+3000Vまでの範囲内の正のビーム電位にあり、かつ冷却システムと共に偏えられる。

対応的にフライス加工された逃げ部分を備えるしんちゅうリング内には、併として、16個のコバルト・サマリウム永久磁石5が配置される。磁石の支持リングは、上からイオン化円筒上に押し込まれて後者になじ固定される。

入り口2を介してのガスの供給は、交換容易

によってイオン化容器1に直接確保される。第三の格子電極システム6、7、8は、特別に、非常に低いビーム電圧に対して設計される。例えば直径5、3cmの断面15の全体にわたって、第一の格子電極6、7は各々、厚さが0、5mmだけで、かつ間隔も0、5mmにすぎない。従って、電位を決定する抽出間隔d(第3図)は約2mmだけである。

格子電極6、7は、機械的及び熱的理由のために、抽出筒15の外側でそれぞれ1、5mmに厚くされる。

全格子電極は、好ましくは、高い電気及び熱的伝導性、低い熱膨張係数及び高い温度安定性を備え低いスパッタリング率の点で、モリブデンから製造される。

格子電極の熱的不平衡を回避するために、小さい空間すべの支持装置または中心ホルダ17が格子の中心に配置される。第一の格子電極6、7を中心ホルダ17と一緒に機械的に安定した方法で維持するために、第三の格子電極8

で圧力減少式の供給容器及び調整式の通過流量測定装置、小さいフランジ接続部及び例えば電位を定められたレベルに保持するための二つの調整閥31を備えた適当なセラミック絶縁体22を介して行なわれる。このガス供給部は、イオン化容器1内の環状の出口開口を持つガス分配器23内で開放する。

絶縁保護層で被覆される水冷式の無線周波数コイル3は、例えば3mmの隔壁から成る。無線周波数コイル3の、関連する無線周波数発生器への接続は、イオン化装置カバー24を通り、無線周波数損失回避の目的のために、間隔が大きく、真空密封され、かつ接地電位25を介して金属の付着に対して保護される二つの通過コネクタ25を介して行なわれる。二つの無線周波数通過コネクタ25とガス供給部は、好ましくは無線化装置24上で、中心コイル軸と対応する三角形の中心を持つ等辺三角形の図様に配置される。

ビーム形成システムは、第一の格子電極8に

は全面面にかたって比較的安定化され、かつ例えば、好ましくは円すい的にテーパ付けされた抽出穴と共に、約2mmの厚さで形成される。

第5図に示される本発明の裏面側では、三つの格子電極6、7、8の個々の穴径は、それぞれ3mm、2mm及び3、2mmである。第一の格子電極6において、ビーム直径5、0cmと1mmの穴の間隔では、それにより144の抽出穴が得られる。これに関して注意されるべきことは、抽出筒は、電位差をならべ、さらに穴あけすることが出来、約3000の抽出穴を得るのは困難ではない、ということである。

抽出システムの後ろに挿入されるイオン光学的焦点系中レンズは、第三の抽出格子8のほかに、二つの等間隔のステンレス鋼リング電極9、10を含み、これらの電極はビーム軸に対して約15°の角度で設定されている。すなわち、リング電極の半径方向内部周縁は、15°の二倍の円すい角を有する仮想円すい頂上にある。

四つの電圧供給ユニットの最大値は、ビーム

## 特開平2-65033(11)

形成システム全体に対して、すなわちイオン化電極1を含む第一の格子電極6、第二の格子電極7、第三の格子電極8及び第一のリング電極9に対して必要とされる。最後のイオンレンズ電極を形成するリング電極10は、接地電位にある。必要ならば二つの電極を同じ電圧源、または電位分割器を介して同じ電圧源に接続することも可能である。

五つの電極6、7、8、9、10は、それぞれ絶縁体18及び絶縁体ボルトによって、絶縁体フランジ16の対応する穴内に絶縁体ボルトを挿入することにより中心出しされる。イオン化及びビーム形成システムは接地ハウジング30に、支持リング19、ガラス繊維把手20及び第二のリング電極10を介して確保される。ハウジング30は、イオン源を外側から囲繞する真空室上にフランジ結合可能な手段によって、フランジ21と共に保たれる。

第6図は、非常に低いイオンエネルギーのための二次的な磁気焦点集中装置を有する無縁周波

型イオンビーム源の変形実施例を示している。この目的のため磁界コイル27は出力側に偏えられ、かつ例えば10から30mTの範囲において、運動イオンエネルギーへの方法である磁界強さを有する磁気的レンズを形成する。磁界コイル27は、それによって第二のリング電極10と軌跡カバ-28の間に取り付けられる。軌跡カバ-28は、ねじボルト29によってリング電極10に確保される。

第7図は、2MVAでアルゴンを使用するとき、第5図に基づく高周波イオンビーム源に対する典型的放電特性を示す。抽出されたイオン電流が(パラメータとして)、高周波出力とガス流入量に依存して示される。イオン電流源に対して約40Wの約高周波周波数損失は、電流ゼロに対する水平境界線として空する。垂直漸近線は、理論的な100%ガス経済性によって示される。注目すべき点は、従来の設置のそれの約二倍程度の高さの、非常に高いイオン収量(無縁周波数のユニット当たりのビーム密度)

である。対応する無縁周波数出力とガス通過量に対して、合計200mA以上のイオン電流を作り出すことは、困難ではない。

特別な、希望されるイオン電流を抽出するためには、第7図に示されるように、無縁周波数出力とガス流量を逐次して、両者が互いに適応するようにすることが必要である。さらに、第8図から分かるように、第一の格子電極6と第二の格子電極7の間の電位差として、必要な抽出電圧が印加されなければならない。これから推定的に、イオンエネルギーは第一の格子電極6の電位によって決定することが出来る。第二の格子電極7の電位は、しかるとき、必要な抽出電圧と希望されるビーム電圧の差によって与えられる。さらに、イオンレンズは、低いイオンエネルギーと高い電流密度でさらにスイッチオンされる。

そのほかにも第8図から分かるように、本発明によるイオンビーム源は、明らかに従来のイオンビーム源の抽出電圧以下、特に係数2ないし

3、5だけ下方、にある低い抽出電圧を使用する。従って、例えば1kVの抽出電圧を用いて5mA/cm<sup>2</sup>の電流密度を得ることは、すでに可能であり、この値は、加速・減速比を限界内に保持可能なため、低いイオンエネルギーにおいて特に有利である。

イオン光学のビームレンズはイオン放射源の出力において、とりわけ低いイオンエネルギーで、電流分布、焦点位置の精度及びビームの輪郭に作用する。イオンビームの品質はさらに、ビームの周りに分布して配置される自熱フィラメントによって、接地されたイオン源出力において発生可能な電子による出力側でのビーム中性化によって改善される。イオンレンズの中心電極の負の電位が、三つの格子電極を中性化装置からの電子に対して遮蔽することも有利である。(発明の効果)

本発明に基づく無縁周波数イオンビーム源は、ガス状金属化合物からの金属イオン及び反応ガス、例えばN<sup>+</sup>、C<sup>+</sup>、B<sup>1+</sup>、B<sup>+</sup>、T<sup>1+</sup>、Z

## 特開平2-65033 (12)

$r^*$ のイオンを含む広範囲なイオンに対して使用可能である。さらにそれは、約0.5 mA/cm<sup>2</sup>と10 mA/cm<sup>2</sup>の間で連続的に調節自在のイオン電流密度を、約10 eVと3 keVの間でほぼ連続的に可変のイオンエネルギーと共に、独立的に調節自在の高い電流密度をもってさえも、選択することと可能にする。さらに、高周波のイオンビーム源は、ここで述べられた例では、約5 cmのビーム直径を供給するため、5 cm以上の直径の基礎と共に作動させることが出来る。イオン源と基礎の間の距離は、20ないし40 cmの範囲に存在し得る。さらに、本発明のイオンビーム源は、長い作業寿命と仕事の間の長い時間間隔並びに取り扱い易さの点で特徴を有する。このことは、それを問題なしに外側からそれぞれ開閉する真空室上にフランジ接合可能にするため、利点である。

反応室と抽出格子システムを拡大することによって、異なる形状において実際に、より幅広いビームを発生させることも出来る。抽出シス

テムの適当な寸法形状によって、ビームは円形にも楕円形にも、またはそれらがあるで細長溝から出て来たかの様なストライプ状にすることもさえ出来る。ビームの分岐は、適当なイオン光学技術と抽出格子の形状寸法によって、希望されるように選択することも出来る。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は基礎上への装置の製造と材料表面の処理のための本発明による無線周波数イオンビーム源の略図、第2図は第1図による無線周波数イオンビーム源におけるこれらの平均方向過程に関する放電とプラズマデータの典型的数値の線図、第3図は三つの格子電極システムを用いて第1図による無線周波数イオンビーム源のプラズマからのイオンビームの一極の抽出による形成方法を説明する略図、第4図は第3図の抽出システムの合計抽出自在イオン電流の線図、第5図は本発明による無線周波数イオンビーム源の一例の側面図、第6図は第5図によるイオンビーム源での使用のための二次的な磁気焦点集中装置の部分断面

図、第7図は第5図によるイオンビーム源の典型的放電特性線図、及び第8図は電流密度と抽出されたイオン電流の関数としてのアルゴンに対する第5図によるイオンビーム源の格子システムの必要抽出電圧の線図である。

- 1・イオン化容器、2・ガス入り口、3・無線周波数コイル、4・無線周波数発生器、5・永久磁石、6・第一の格子電極（抽出陽極）、7・第二の格子電極（抽出陰極）、8・第三の格子電極（制御格子）、9・第一のリング電極（イオンレンズ）、10・第二のリング電極（イオンレンズ）、11・高電圧発生器、12・イオンビーム、13・プラズマ、14・プラズマ境界、15・抽出面、16・イオン化装置フランジ、17・中心ホルダ、18・絶縁体要素、19・支持リング、20・線の付け姿勢、21・取り付けフランジ、22・セラミック絶縁体、23・ガス分配入り口、24・イオン化装置カバー、25・コイル通過部材、26・シャドウスクリーン、27・磁気コイル、28・軟鉄材、29・ボルト、30・ハウジング、

## 31・図線順。

代理人 弁理士 志賀 隆七郎 (外1名)

特開平2-65033 (13)

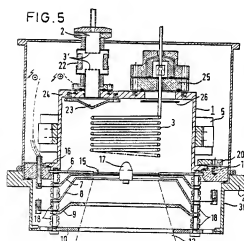
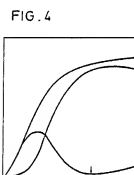
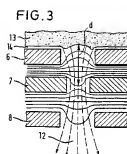
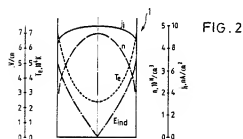
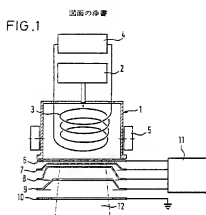
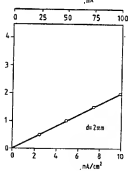
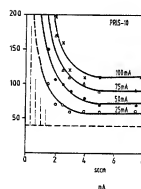
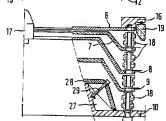


FIG.6



特開平2-65033 (14)

手 続 特 許 正 式 書 (方式)

平成1年9月8日

特許庁長官 殿



1. 事件の表示

平成1年特許第107097号

2. 発明の名称

異種異数値のイオンビーム線

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

名 称 ハウザー ホールディング

ベー、ファウ、

4. 代 理 人

〒104 東京都中央区明石町1番29号

接済ビル 電話03(545)2251~4

弁理士 (5219) 志賀 富士 寿



5. 補正命令の日付

起算日 平成1年6月30日

発送日 平成1年7月25日

6. 補正の対象

願書の特許出願人の代表者の項

代理権を証明する書面

図 面

7. 補正の内容

別紙のとおり

